Introduction à la Spectrométrie de Masse

Séquence 1.1

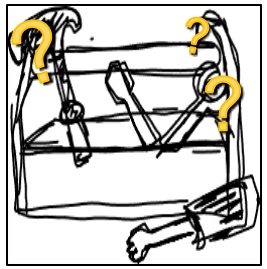
Présentation, Architecture structurale

C’est quoi la spectrométrie de masse ?

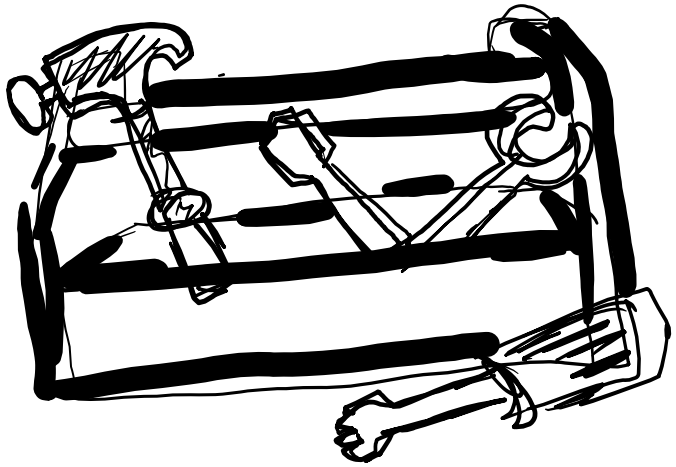
À quoi ça sert ?

C’est quoi la spectrométrie de masse ?

À quoi ça sert ?

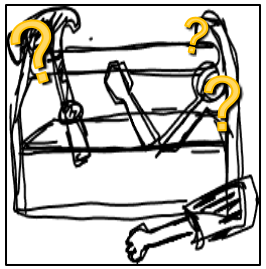


Sans doute le plus large panel d’applications de tous les outils analytiques disponibles au scientifique.

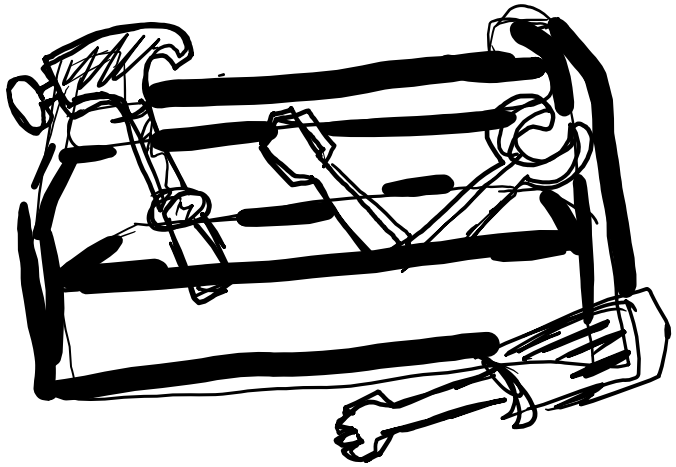


C’est quoi la spectrométrie de masse ?

À quoi ça sert ?

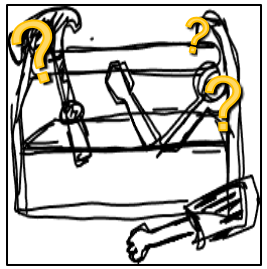


Sans doute le plus large panel d’applications de tous les outils analytiques disponibles au scientifique.

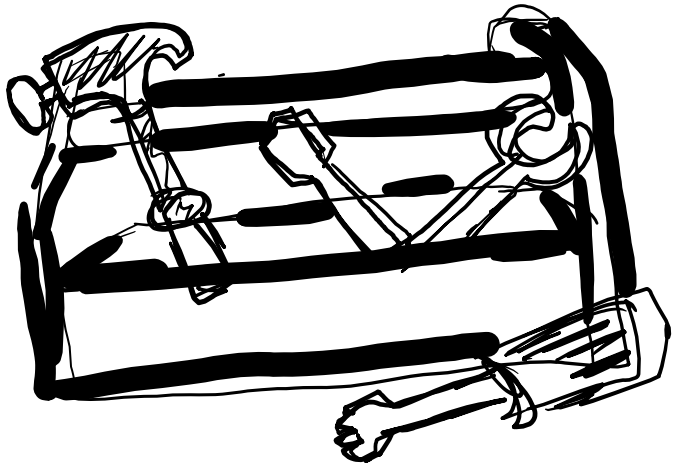


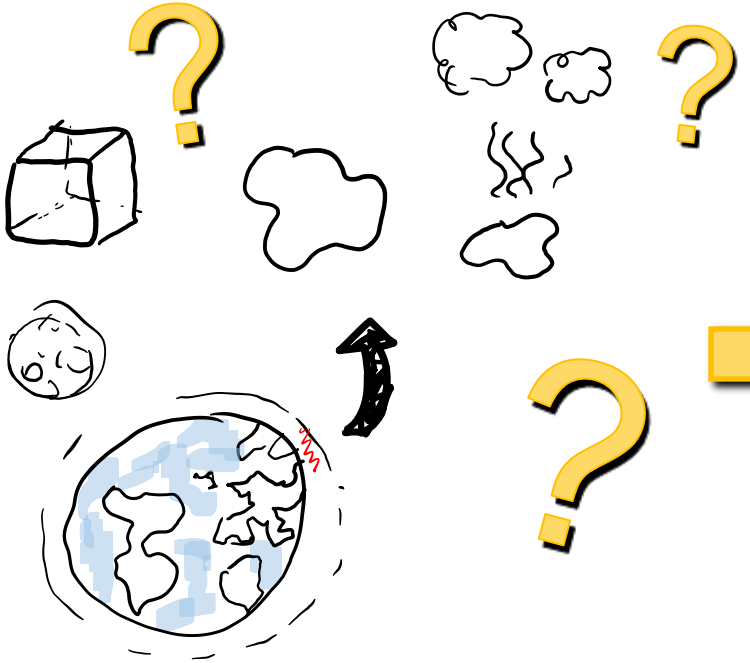
C’est quoi la spectrométrie de masse ?

À quoi ça sert ?

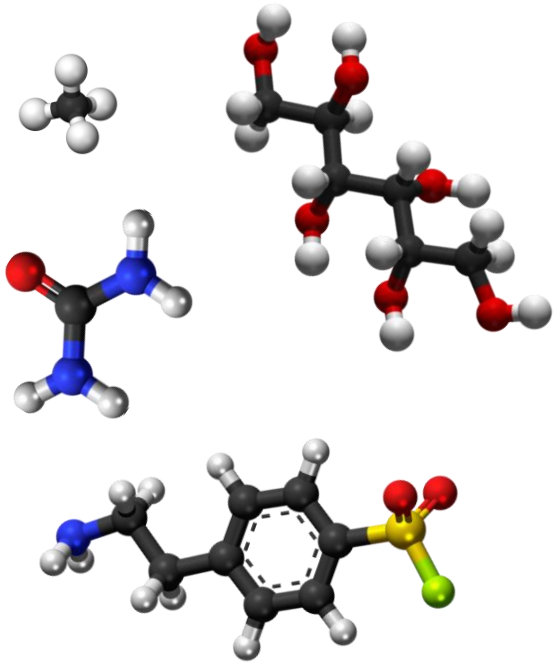


Sans doute le plus large panel d’applications de tous les outils analytiques disponibles au scientifique.





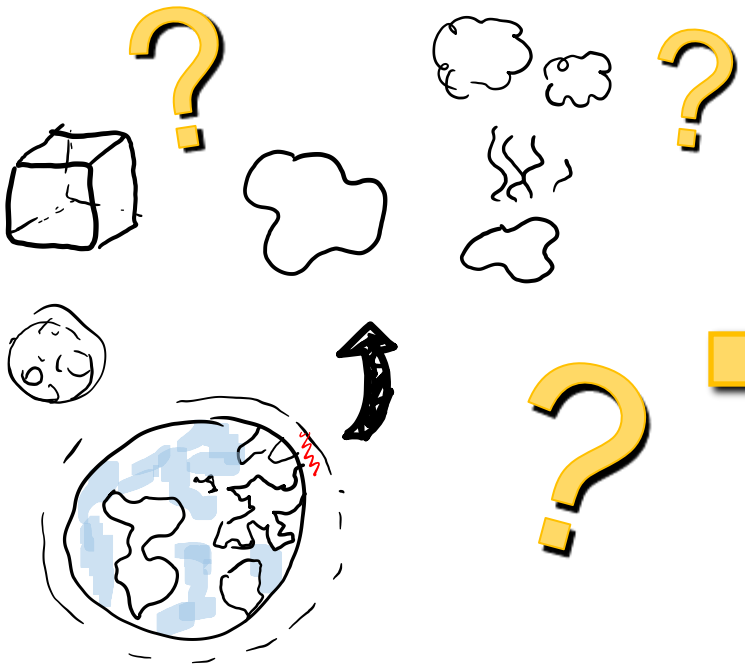
Analyse chimique de la matière

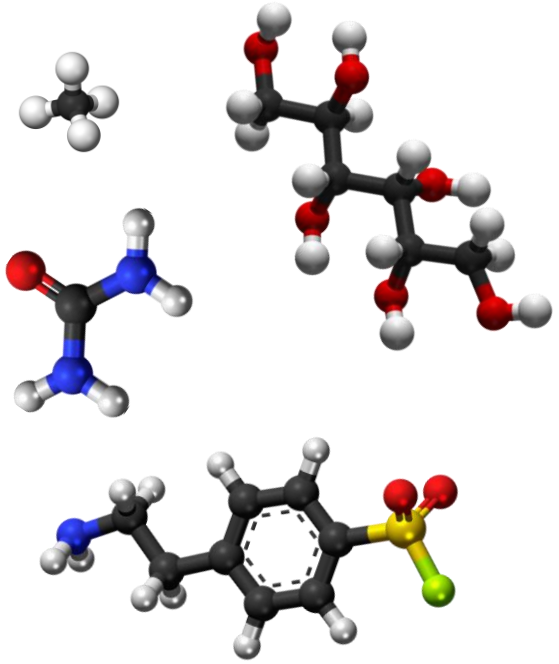


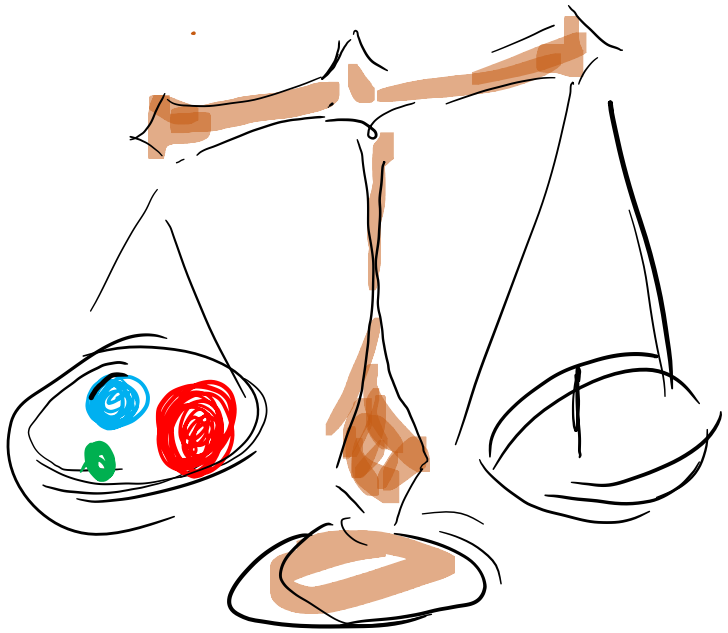
C’est quoi la spectrométrie de masse ?

À quoi ça sert ?

Spectromètre de masse = sorte de balance au niveau moléculaire, ultra PRÉCISE et SENSIBLE







SPECTROSCOPIE FONDAMENTAUX & APPLICATIONS

À quelles informations accède-t-on ?

Analyse chimique de la matière

de composés aussi bien inorganiques qu'organiques dans des mélanges complexes

Analyse qualitative : identification

- la mesure de la masse moléculaire d'une substance
- la formule brute d'une substance

À quelles informations accède-t-on ?

Analyse chimique de la matière

de composés aussi bien inorganiques qu'organiques dans des mélanges complexes

Analyse qualitative : identification

- la mesure de la masse moléculaire d'une substance
- la formule brute d'une substance

Analyse structurale des molécules

- car la substance ionisée se trouve dans un état excité qui provoque sa fragmentation. L'analyse de ces fragments informe sur la structure de la molécule.

À quelles informations accède-t-on ?

Analyse chimique de la matière

de composés aussi bien inorganiques qu'organiques dans des mélanges complexes

Analyse qualitative : identification

- la mesure de la masse moléculaire d'une substance
- la formule brute d'une substance

Analyse structurale des molécules

- car la substance ionisée se trouve dans un état excité qui provoque sa fragmentation. L'analyse de ces fragments informe sur la structure de la molécule.

Analyse quantitative

- la détermination de la concentration d'une substance dans un échantillon
- le rapport isotopique des atomes dans l'échantillon

À quelles informations accède-t-on ?

Analyse chimique de la matière

de composés aussi bien inorganiques qu'organiques dans des mélanges complexes

Analyse qualitative : identification

- la mesure de la masse moléculaire d'une substance
- la formule brute d'une substance

Analyse structurale des molécules

- car la substance ionisée se trouve dans un état excité qui provoque sa fragmentation. L'analyse de ces fragments informe sur la structure de la molécule.

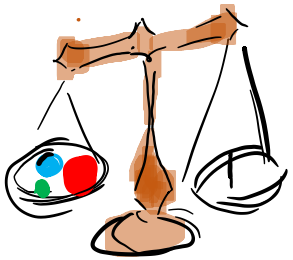
Analyse quantitative

- la détermination de la concentration d'une substance dans un échantillon
- le rapport isotopique des atomes dans l'échantillon

Imagerie ionique de la surface d'un échantillon solide

- profil de concentrations, profil isotopique
- recherche de biomarqueurs

Comment pèse-t-on une molécule ?

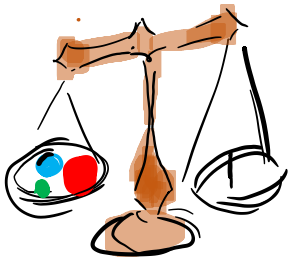


- En travaillant en phase gazeuse afin que les molécules soient isolées

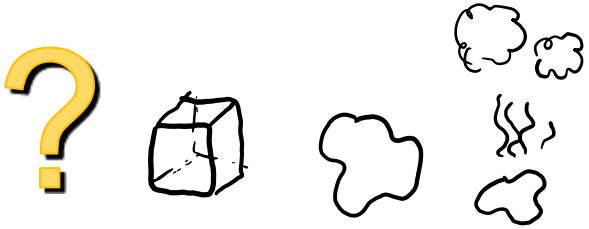
- En travaillant avec des molécules chargées

- En utilisant les propriétés reliant Energie / Trajectoire / Masse

Comment pèse-t-on une molécule ?



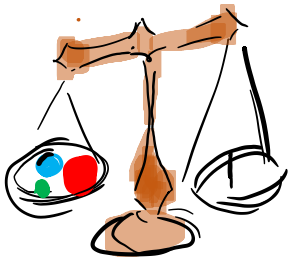
- En travaillant en phase gazeuse afin que les molécules soient isolées



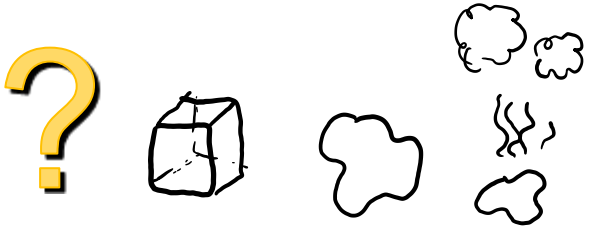
- En travaillant avec des molécules chargées

- En utilisant les propriétés reliant Energie / Trajectoire / Masse

Comment pèse-t-on une molécule ?



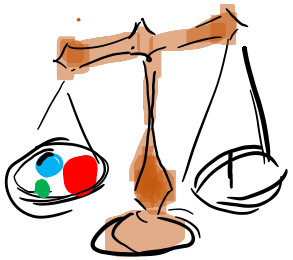
- En travaillant en phase gazeuse afin que les molécules soient isolées
- En travaillant avec des molécules chargées
- En utilisant les propriétés reliant Energie / Trajectoire / Masse



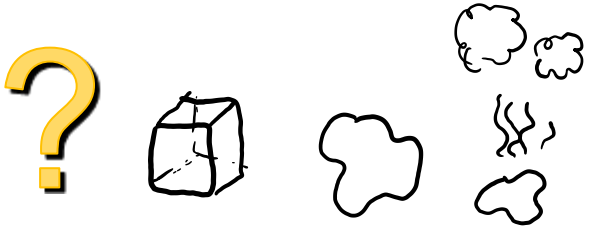
Des ions

Du vide (pour les isoler)

Comment pèse-t-on une molécule ?



- En travaillant en phase gazeuse afin que les molécules soient isolées



Des ions

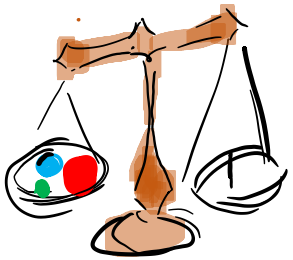
Du vide (pour les isoler)

- En travaillant avec des molécules chargées

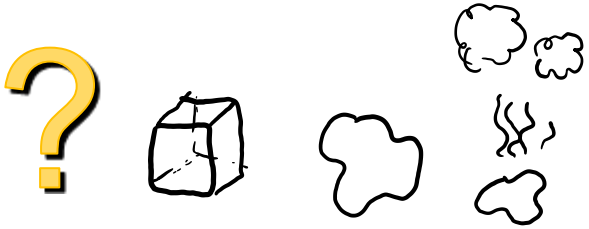
- En utilisant les propriétés reliant Energie / Trajectoire / Masse

Travailler avec des champs électriques, magnétiques

Comment pèse-t-on une molécule ?



- En travaillant en phase gazeuse afin que les molécules soient isolées



- En travaillant avec des molécules chargées

Des ions

Du vide (pour les isoler)

- En utilisant les propriétés reliant Energie / Trajectoire / Masse

Travailler avec des champs électriques, magnétiques

Lorentz $\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \wedge \vec{B})$

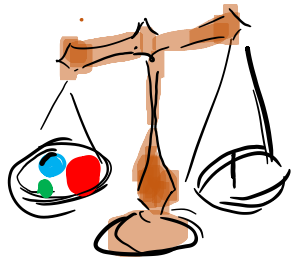
Newton $\vec{F} = m\vec{a}$

2 lois fondamentales
Tous les appareils de SM sont basés sur elles

D'où $\frac{m}{q} a = E + v.B$

m : masse des ions
v : vitesse des ions
q : charge des ions
B : champ magnétique
E : champ électrique
F: force du champ électromagnétique

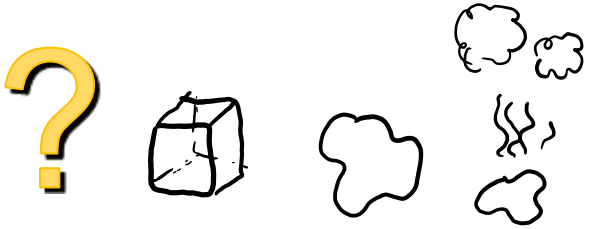
Comment pèse-t-on une molécule ?



La spectrométrie de masse est une méthode destructive qui mesure le rapport masse/charge (*m/z*) d'ions en phase gazeuse.

charge des ions $q = \mathrm{z}$

- En travaillant en phase gazeuse afin que les molécules soient isolées



- En travaillant avec des molécules chargées

→ Des ions

→ Du vide (pour les isoler)

- En utilisant les propriétés reliant Energie / Trajectoire / Masse

↳ Travailler avec des champs électriques, magnétiques

→ Lorentz $\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \wedge \vec{B})$

Newton $\vec{F} = m\vec{a}$

2 lois fondamentales
Tous les appareils de SM sont basés sur elles

D'où $\frac{m}{q} a = E + v.B$

m : masse des ions
v : vitesse des ions
q : charge des ions
B : champ magnétique
E : champ électrique
F: force du champ électromagnétique

Principe de la spectrométrie de masse

Pour résumer

- échantillon sous forme gazeuse, liquide ou solide
- des ions ayant chacun une masse m et une charge z
- séparer ces ions en fonction de m/z sous vide
- détecter ces ions de $m/\mathrm{z} \neq$ sous vide
- traiter les données

Principe de la spectrométrie de masse

Pour résumer

- échantillon sous forme gazeuse, liquide ou solide
- des ions ayant chacun une masse m et une charge z
  1ère étape : Produire des ions sous forme gazeuse & Accélérer
- séparer ces ions en fonction de m/z sous vide
- détecter ces ions de $m/z \neq$ sous vide
- traiter les données

Principe de la spectrométrie de masse

Pour résumer

- échantillon sous forme gazeuse, liquide ou solide

- des ions ayant chacun une masse m et une charge z
  1ère étape : Produire des ions sous forme gazeuse & Accélérer

- séparer ces ions en fonction de m/z sous vide
  2ème étape : Filtrer

- détecter ces ions de $m/z \neq$ sous vide

- traiter les données

Principe de la spectrométrie de masse

Pour résumer

- échantillon sous forme gazeuse, liquide ou solide

- des ions ayant chacun une masse m et une charge z
  1ère étape : Produire des ions sous forme gazeuse & Accélérer

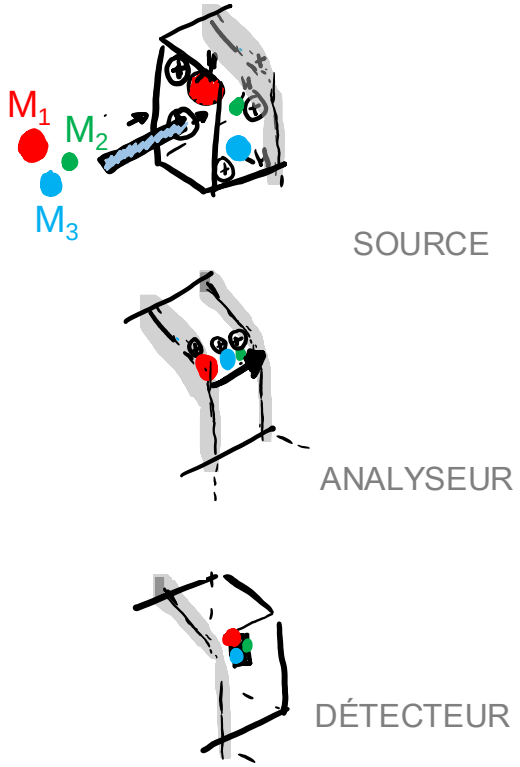
- séparer ces ions en fonction de m/z sous vide
  2ème étape : Filtrer

- détecter ces ions de $m/z \neq$ sous vide
  3ème étape

- traiter les données

Principe de la spectrométrie de masse

Pour résumer



- échantillon sous forme gazeuse, liquide ou solide

Les 3 étapes essentielles

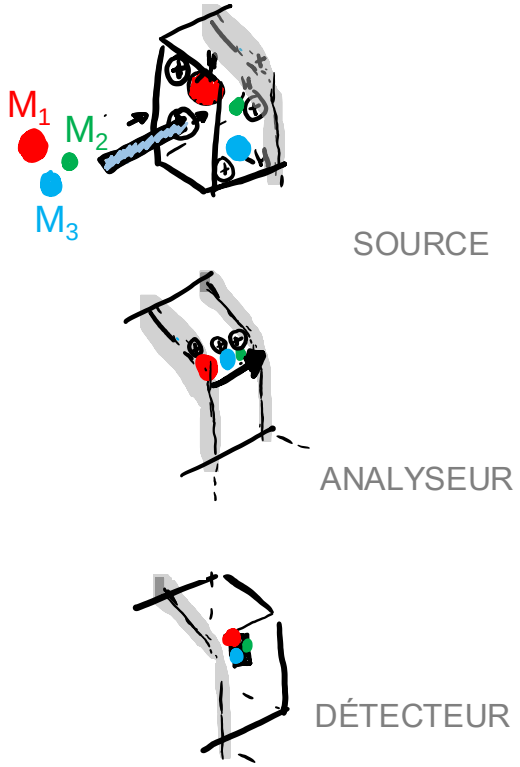
- des ions ayant chacun une masse m et une charge z
  1ère étape : Produire des ions sous forme gazeuse & Accélérer
- séparer ces ions en fonction de m/z sous vide
  2ème étape : Filtrer
- détecter ces ions de $m/z \neq$ sous vide
  3ème étape

Vide

- traiter les données

Principe de la spectrométrie de masse

Pour résumer



Les 3 étapes essentielles

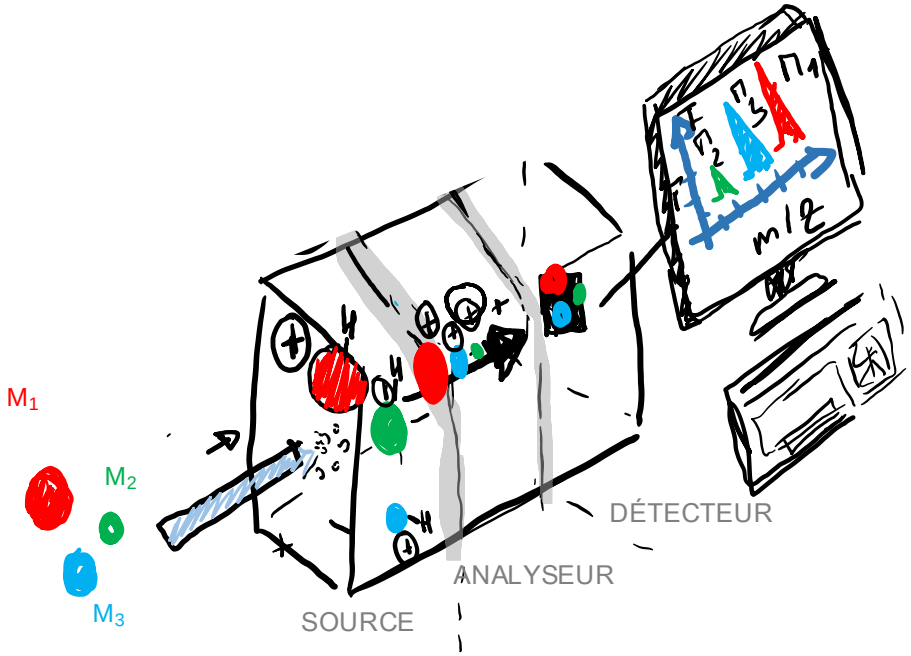
- échantillon sous forme gazeuse, liquide ou solide
  Prélèvement, échantillonneur, système d'introduction
- des ions ayant chacun une masse m et une charge z
  1ère étape : Produire des ions sous forme gazeuse & Accélérer
- séparer ces ions en fonction de m/z sous vide
  2ème étape : Filtrer
- détecter ces ions de m/z ≠ sous vide
  3ème étape

Vide

- traiter les données
  Amplification, Traitement informatique, Génération d'un spectre de masse

Pas un mais DES spectromètres de masse

Chacun appareil de spectrométrie de masse possède des caractéristiques propres



Choix du scientifique est guidé par :

- La nature des molécules à ioniser (taille, polarité, fragilité thermique...)

⇒ une/des méthodes d'ionisation adaptée(s)

- L'application analytique recherchée (dosage de molécules cibles, résolution de structure chimique, caractérisation de matériaux...)

⇒ mise au point de la méthode d'analyse

⇒ quel type de spectromètre de masse